



**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**  
**Всероссийской научной конференции**  
**«Мониторинг состояния и загрязнения**  
**окружающей среды.**  
**Основные результаты и пути развития».**

**Москва, 20-22 марта 2017 г.**

**Москва**

**2017**

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ  
ВЗВЕШЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ФОСФОРА В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ  
ЧЕРНОГО МОРЯ

*А.С. Кукушкин<sup>1)</sup>, А.В. Пархоменко<sup>2)</sup>*

<sup>1)</sup> Морской гидрофизический институт РАН,

РФ, 299011, г. Севастополь, ул. Капитанская, 2, [kukushkinas@mail.ru](mailto:kukushkinas@mail.ru)

2) Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН,

РФ, 299011, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2, [parkhomenko.al@yandex.ua](mailto:parkhomenko.al@yandex.ua)

Исследования взвешенного органического фосфора в северо-западной части Черного моря (СЗЧМ) представляют особый интерес, поскольку эта часть моря в наибольшей степени (по сравнению с другими районами моря) подвержена антропогенному загрязнению. Кроме того, результаты этих исследований позволяют на качественно новом уровне прогнозировать возможные изменения продуктивности вод под воздействием естественных и антропогенных факторов.

Цель работы состояла в оценке сезонного пространственного распределения содержания малоизученного компонента взвешенного органического вещества – взвешенного органического фосфора ( $P_{\text{ВОВ}}$ ), внутригодовой и сезонной межгодовой его изменчивости в поверхностном слое и в зоне фотосинтеза в различных районах СЗЧМ.

В работе использовали концентрации взвешенного органического фосфора ( $P_{\text{ВОВ}}$ ), углерода ( $C_{\text{ВОВ}}$ ), азота ( $N_{\text{ВОВ}}$ ) и хлорофилла “а” (хл “а”), полученные в СЗЧМ с 1979 по 1995 гг. в 33-х научных экспедициях на 266 станциях. Кроме того, были использованы архивные данные по биомассе фитопланктона, температуры и солености морской воды и объемам стока Дуная. Немногочисленные измеренные данные по содержанию  $P_{\text{ВОВ}}$ , которые определялись сжиганием взвеси на стекловолокнистых фильтрах GF/F в плаве кислых солей, были дополнены рассчитанными его значениями (в периоды отсутствия наблюдений) по регрессионным уравнениям и данным по содержанию хлорофилла “а” (хл “а”),  $C_{\text{ВОВ}}$  и  $N_{\text{ВОВ}}$ . Различие измеренных и рассчитанных концентраций  $P_{\text{ВОВ}}$  в зимний период в среднем не превышало 10%, а весенне-осенний период оно находилось в пределах 10–25%. Это позволило впервые выявить особенности пространственного распределения концентрации  $P_{\text{ВОВ}}$  в поверхностном слое и в зоне фотосинтеза, а также получить статистические оценки сезонных ее изменений (таблица).

Результаты проведенных исследований показали хорошее совпадение сезонных пространственных распределений  $P_{\text{ВОВ}}$  в поверхностном слое и в зоне фотосинтеза. Повышенные концентрации  $P_{\text{ВОВ}}$  в годовом цикле и максимальные его значения в весенний период отмечались в районе постоянного влияния рек (таблица). В центральном районе в этот период были получены низкие величины его концентрации, поскольку трансформация речных вод в основном проходила в границах западного района. В летне-осенний период масштаб распространения обогащенных биогенными элементами трансформированных вод в центральном районе был связан как с интенсивностью половодья, так и с часто наблюдаемой в СЗЧМ антициклонической циркуляцией водных масс, обусловленной благоприятной ветровой ситуацией. Это, с одной стороны, способствовало активному развитию фитопланктона и увеличению его биомассы, а с другой – увеличению содержания  $P_{\text{ВОВ}}$  и  $C_{\text{ВОВ}}$ . Характер сезонных пространственных распределений  $P_{\text{ВОВ}}$  совпадал с распределениями  $C_{\text{ВОВ}}$ ,  $N_{\text{ВОВ}}$  и хл “а”. Из анализа атомарных отношений  $C/P$  и  $C/N$  и  $C/\text{хл“а”}$  следует, что в районах постоянного влияния

речного стока, в наибольшей степени подверженных антропогенному влиянию, в весенне-летний период увеличивалась не только биомасса фитопланктона, но и содержание детрита, что могло быть связано с повышением объема речного стока и, как следствие, с возрастающим поступлением в СЗЧМ аллохтонного ВОВ.

Внутригодовая изменчивость содержания  $R_{\text{ВОВ}}$  в западном районе характеризовалась двухвершинной кривой, на которой отмечались два максимума. Первый – в апреле, второй (слабо выраженный) – в сентябре. В центральном районе внутригодовая изменчивость содержания  $R_{\text{ВОВ}}$  в целом имела аналогичный характер. В зимне-весенний период наблюдались относительно небольшие величины этого показателя, а в летне-осенний период проявлялись его максимумы (июль – октябрь). Для внутригодовой изменчивости содержания  $R_{\text{ВОВ}}$ ,  $S_{\text{ВОВ}}$ , хл “а” и биомассы фитопланктона в западном и центральном районах СЗЧМ характерным были минимальные величины этих показателей и слабое развитие фитопланктона в период с ноября по январь. Внутригодовое изменение содержания  $R_{\text{ВОВ}}$  в целом согласовывалось с изменчивостью структурных показателей фитопланктона (биомассы и хл “а”), что указывает на его ключевую роль в образовании и изменчивости  $R_{\text{ВОВ}}$ .

Таблица. Сезонные изменения одновременно измеренных концентраций компонентов ВОВ в поверхностном слое (ПС) и в зоне фотосинтеза (ФС) в различных районах СЗЧМ

Сезон	Слой	N/п	$S_{\text{ВОВ}}$ , мг-атС·м <sup>-3</sup>	$N_{\text{ВОВ}}$ , мг-атN·м <sup>-3</sup>	$R_{\text{ВОВ}} \cdot 10^{-2}$ , мг-атP·м <sup>-3</sup>	$S_{\text{хл}}$ , мг·м <sup>-3</sup>	C:N:P	C/хл“а”
Западный район								
Зима	ПС	9	12.4 ± 6.9	1.64 ± 1.05	4.5 ± 3.4	1.53 ± 0.62	106:14:0.38	118 ± 57
	ФС	8/28	9.8 ± 3.3	1.3 ± 0.49	3.4 ± 1.1	1.35 ± 0.92	106:14:0.37	123 ± 47
Весна	ПС	6	81.3 ± 116.9	13.74 ± 18.75	40.0 ± 56.0	0.87 ± 0.8	106:17.9:0.52	628 ± 426
	ФС	4/22	58.3 ± 73.6	10.0 ± 11.0	29.0 ± 33.0	0.7 ± 0.33	106:18.2:0.53	378 ± 208
Лето	ПС	4	64.0 ± 25.0	9.93 ± 2.58	24.0 ± 11.7	2.04 ± 1.28	106:16.4:0.4	375 ± 154
	ФС	4/13	55.5 ± 15.1	9.18 ± 4.03	22.6 ± 8.6	2.91 ± 1.36	106:17.5:0.43	229 ± 74
Осень	ПС	2	10.0 ± 2.0	1.7 ± 0.7	3.8 ± 1.5	1.25 ± 0.1	106: 18:0.4	100 ± 29
	ФС	2/4	9.4 ± 1.7	1.4 ± 0.2	3.0 ± 0.8	1.34 ± 0.02	106:15.2:0.34	85 ± 17
Центральный район								
Зима	ПС	13	7.8 ± 2.2	1.0 ± 0.41	2.5 ± 0.7	0.67 ± 0.19	106:13.6:0.34	140 ± 68
	ФС	9/59	8.2 ± 2.6	0.96 ± 0.3	2.5 ± 0.6	0.67 ± 0.18	106:12.4:0.32	147 ± 51
Весна	ПС	12	13.3 ± 5.9	1.87 ± 0.77	5.2 ± 2.6	0.51 ± 0.39	106:14.9:0.4	313 ± 219
	ФС	12/90	9.4 ± 3.4	1.46 ± 0.61	3.9 ± 1.4	0.59 ± 0.32	106:16.5:0.44	191 ± 162
Лето	ПС	5	19.4 ± 3.9	3.41 ± 1.28	7.4 ± 1.7	0.42 ± 0.32	106:18.6:0.4	554 ± 351
	ФС	5/22	22.6 ± 8.4	3.37 ± 1.43	8.1 ± 3.0	0.49 ± 0.14	106:15.8:0.38	553 ± 207
Осень	ПС	5	11.0 ± 2.6	1.62 ± 0.36	3.1 ± 0.5	0.27 ± 0.09	106:15.6:0.3	489 ± 235
	ФС	2/15	12.9	1.87	4.4	0.25 ± 0.05	106:15.4:0.36	619 ± 55

Примечание. N – количество экспедиций, n – количество станций

Многолетний ряд данных по содержанию  $P_{\text{ВОВ}}$  был дополнен его значениями, рассчитанными по спутниковой информации о концентрации хл “а” (радиометр CZCS, 1979–1986 гг. и SeaWiFS, 1998–2010 гг.), что позволило получить наиболее полную картину ее многолетней изменчивости. Для оценки межгодовых изменений содержания  $P_{\text{ВОВ}}$  использовали значения аномалий объемов стока Дуная и температуры воздуха. Согласно полученным данным, в межгодовой изменчивости концентрации  $P_{\text{ВОВ}}$  можно выделить три основных периода: 1978–1985 гг., 1985–1993 гг. и 1994–2010 гг.

В зимне-весенний период межгодовые изменения  $P_{\text{ВОВ}}$  в западном районе в основном связаны с объемом речного стока и температурой воздуха (суровостью зим), а в центральном районе – температурой воздуха. В летне-осенний период межгодовые его изменения в западном районе зависели от температуры воздуха (в период наблюдений и в предшествующие периоды). В центральном районе на межгодовую изменчивость  $P_{\text{ВОВ}}$  заметное влияние оказывало поступление трансформированных вод и масштаб их распространения, зависящий от характера циркуляции вод в СЗЧМ.